

Motoren und Getriebe bei Traktoren

Karl -Theodor Renius,
Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

Marcus Geimer,
Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruher Institut für Technologie

Kurzfassung

Bei Traktordieselmotoren entwickelt sich die SCR-Technik zur Erfüllung der Abgasstufe IV ab 56 kW zum Stand der Technik. Zusätzliche Dieselpartikelfilter werden nicht allgemein vorgesehen. Deutz-Fahr kündigte für 2014 die Einführung einer lastschaltbaren Zapfwelle an. Mehrere Firmen entwickelten integrierte Luftdruckverstellungen. ZF verbesserte seine Stufengetriebe und stellte ein neues, kleines CVT vor. CNH führte ein neues CVT im oberen Leistungsbereich ein und Claas überraschte mit einem eigenen CVT für die Baureihe Arion. Rein elektrische oder hybride Fahrtriebe sind nach wie vor unbedeutend. Allgemein wird jedoch der Verlustminimierung im gesamten Antriebsstrang große Beachtung geschenkt.

Schlüsselwörter

Traktor, Getriebe, Dieselmotor, SCR, Lastschaltung, CVT, elektrische Antriebe

Tractor Engines and Transmission

Karl -Theodor Renius,
Chair of Automotive Technology, Technical University of Munich

Marcus Geimer,
Chair of Mobile Machines, Karlsruhe Institute of Technology

Abstract

SCR technology is more and more applied for stage IV tractor Diesel engines above 56 kW. Additional Diesel particulate filters (DPF) are not generally introduced. Deutz-Fahr announced for 2014 a power shifted PTO. Several companies developed integrated tire inflation pressure control systems. ZF improved its stepped transmissions and presented a new small CVT. CNH introduced a new CVT in the upper hp range and Claas surprised with an own CVT for the Arion models. Pure electric or hybrid ground drives remained unimportant. High attention is however paid regarding reduction of energy losses within the complete drive line.

Keywords

Tractor, power train, Diesel engine, SCR, transmission, power shift, CVT, electric drives.

Antriebsstrang mit Zapfwelle

Die bisherigen Ergebnisse des DLG-Tests "PowerMix" zeigen, dass Traktoren mit stufenlosen Getrieben im Kraftstoffverbrauch bei Feldarbeit keine grundsätzlichen Nachteile aufweisen müssen, wegen der perfekten Regelbarkeit teilweise sogar besser sind als voll oder teilweise unter Last schaltbare Stufengetriebe. Dieser Trend wird erneut in [1] bestätigt. Im Straßenbetrieb war jedoch nach [2] ein Traktor mit Doppelkupplungsgetriebe etwas sparsamer als der gleiche Typ mit stufenlosem Fahrtrieb.

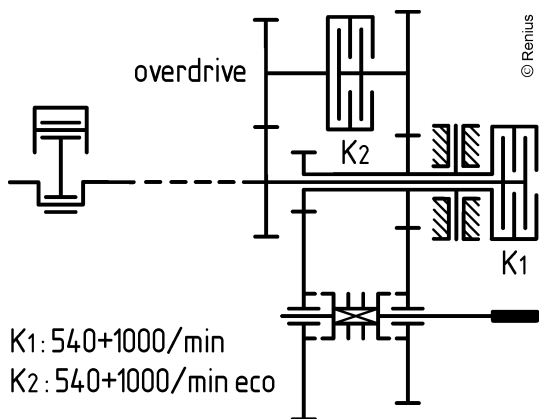


Bild 1: Unter Last schaltbare Zapfwelle von Same Deutz-Fahr, geplant für 2014.

Fig. 1: Power shifted PTO speeds by Same Deutz-Fahr, announced for 2014.

Auf der Basis der Zapfwellenleistungen und Kraftstoffverbräuche werden in [3] Traktor-Effizienzklassen vorgeschlagen. Nach [4] verbrauchten leere Traktorzüge beim Transport durchschnittlich 44 bis 54 l/100km, ein Lkw-Zug 36 l/100km. Ein leistungsstarker 50 km/h-Traktor war dabei nur wenig langsamer als ein Lkw.

Same Deutz-Fahr erregte Aufsehen durch die Ankündigung der ersten unter Last schaltbaren Zapfwelle, **Bild 1**. Kraftschlüssig gewechselt werden kann zwischen den Standarddrehzahlen (K1) und den zugeordneten „Eco“-Drehzahlen (K2, overdrive). Damit sei z. B. bei Teillast elegant auf einen Betrieb mit verminderter Motordrehzahl umzuschalten und so Kraftstoff zu sparen.

In [5] wurde für das Beispiel Pkw aus einem Forschungsvorhaben von FVA (Forschungsvereinigung Antriebstechnik) und FVV (Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen) eine sehr umfassende Analyse der Reibungsverluste im gesamten Antriebsstrang vorgelegt.

Integrierte Systeme für die Reifen-Luftdruckverstellung gibt es bei Fendt (2. Generation). Weitere Entwicklungen hierzu wurden angekündigt für Achsen von ZF und DANA.

Dieselmotoren

Die Umsetzung der europäischen Abgasvorschriften hält an: Für Leistungen größer 56 kW gilt bereits die Stufe IIIB, ab 2013 auch für 37 bis 56 kW. Stufe IV (56-560 kW) wird ab 2014 wirksam. Ab 56 kW besteht wegen des Vorschriftensprungs ein Trend zur SCR-Technik, weil diese günstige Verbräuche ermöglicht [6], allerdings den Motor auch verteuert. In [7] wird berichtet, wie John Deere die "Stufe IIIB/Tier4 interim" allein mit Dieselpartikelfilter (DPF), Diesel-Oxidationskatalysator (DOC) und Abgasrückführung (AGR) realisiert hat und dabei noch ohne selektive katalytische Reduktion (SCR) günstige Verbräuche erreichte.

Mit der Abgasstufe IIIB werden die Emissionen von Non-Road-Motoren nicht mehr stationär (ISO 8178 C1), sondern nach dem dynamischen NRTC-Zyklus entsprechend 2004/26/EG

gemessen. In [8] wird eine inoffizielle "entschärfte" Version vorgeschlagen, mit der man diesen Zyklus über die Zapfwelle vortesten kann, um den Motor nicht ausbauen zu müssen.

Je nach Hersteller und Leistungsklasse wird die Stufe IV/Tier 4 final durch eine Kombination von AGR, DOC, DPF und SCR erreicht. Die Fa. Deutz beispielsweise setzt bei 4 bis 8l-Motoren alle genannten Technologien ein, ab 12l nur DOC und SCR, [9]. Cummins hingegen kombiniert bei Motoren bis 9l Hubraum AGR, DOC und SCR, bei den 12 und 15l-Motoren DPF und SCR, [10; 11] und John Deere propagiert für alle Tier 4 final-Motoren AGR, DOC, DPF und SCR-Systeme, [12].

Eine Übersicht über Historie und aktuelle Entwicklungen der SISU-Dieselmotoren ("AGCO Power") findet man in [13] mit bemerkenswerten Ansätzen für einen Gesamtbaukasten. Die Scheu vor besserer Nutzung des Leistungspotenzials von 4-Zylindermotoren nimmt ab, der Traktor Valtra N 163 Direct bietet aus 4 Zylindern 120 kW Nennleistung [14].

Eine erwartete EG-Vorschrift betrifft Emissionsnachweise im Einsatz, d. h. wird voraussichtlich eine gewisse "Konformität" mit den Messwerten des Herstellers verlangen [15].

Verbrauchsreduzierungen sind im nächsten Schritt noch durch ein besseres Management der Nebenaggregate [16] oder deren Entkopplung von der Drehzahl des Verbrennungsmotors möglich [17], beispielsweise durch elektrisch geschaltete Kupplungen [18], die zusätzlich kurzzeitig kleine Boosteffekte ermöglichen können [19]. Weiter in die Zukunft reichen Ideen, die thermische Abgasleistung über einen Rankine-Dampfprozess zu nutzen [20]. Das Einsparpotenzial wird mit einigen % angegeben, steigend mit der Auslastung. Kolbenmaschinen seien dabei besser als Turbinen.

Gestufte Fahrantriebe

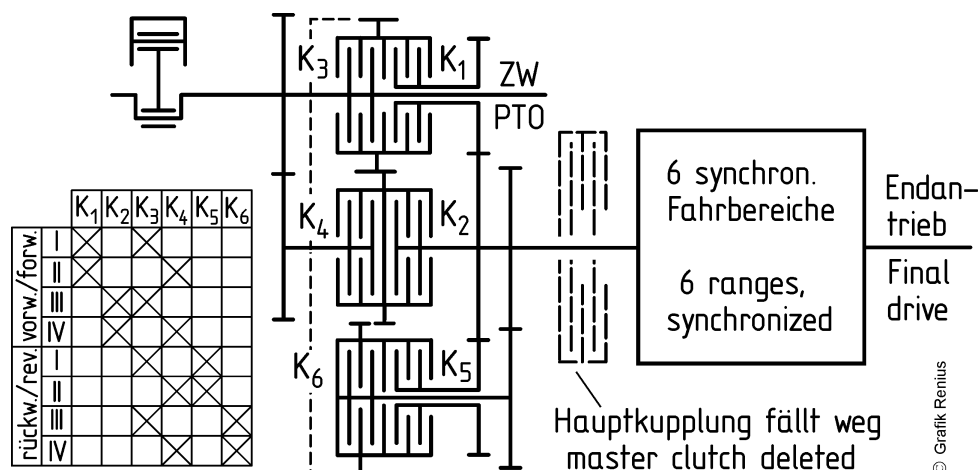


Bild 2: Weiterentwickelte Getriebebaureihen ZF T 7300 und T 7400: Wegfall der Zentralkupplung

Fig. 2: Updated ZF transmission families T 7300 and T 7400: Wet master clutch deleted

ZF stellte mit [21] für seine Getriebereihe T 7000 eine interessante Vereinfachung vor, siehe **Bild 2:** Die mittige, nasse Hauptkupplung fällt weg, die Reibleistung beim Anfahren und

Reversieren wird auf mehrere Lamellenkupplungen der 4-fach-Lastschaltung verteilt. Beispiel Anfahren in Stufe IV vorwärts: Im Endzustand sind K2 und K4 eingerückt (Funktionstafel). Zusätzlich wird K3 anfangs so lange stützend beaufschlagt, bis die Geschwindigkeit der Stufe III erreicht ist - genau dann wird K3 wieder gelöst. Das Reversieren funktioniert ähnlich nach Vorwahl von K6 statt K2. Diese Weiterentwicklung stellt etwas höhere Anforderungen an die Steuerung, spart jedoch erheblich an Kosten, bietet mehr Bauraum, benötigt weniger Kühllöl und reduziert auch etwas die Eintauchverluste. Die bisher verwendete zentrale Kupplung war nicht ohne Grund eingeführt worden - nämlich für eine gute Schaltbarkeit der nachgeordneten Synchronisierungen infolge Abkoppeln von Trägheiten und Schleppmomenten der Lastschaltstufen, siehe z. B. ZF-Fendt-Getriebe im "Favorit 500C", Einführung 1993 [22]. Laut Aussage von ZF brachte jedoch der Wegfall der Schleppmomente und der Trägheitsanteile der nassen Hauptkupplung so viel, dass bei den Synchronisierungen keine größeren Eingriffe nötig waren.

John Deere hat für die Baureihe 7000R auf der Agritechnica 2013 mit dem e23 ein wesentlich weiter entwickeltes Volllastschaltgetriebe vorgestellt [23]. Die 23/11 Stufen bieten vor allem für den Transportbereich eine gegenüber dem Vorgängergetriebe (16/5) verbesserte Stufung mit jetzt abgesenkter Motordrehzahl bei Höchstgeschwindigkeit.

Die bei Traktoren seit Jahrzehnten praktizierte Kostenreduzierung durch Mehrfachnutzung von Zahnrädern und Schaltstellen [24] wird bei Pkw-Getrieben für mehr als 6 Gänge inzwischen auch diskutiert. Hierzu wurden in [25] neue Ansätze für Doppelkupplungsgetriebe vorgelegt, deren bisherige Bauformen einen relativ hohen Zahnradaufwand haben.

Hydrostatisch-stufenlose Fahrtriebe

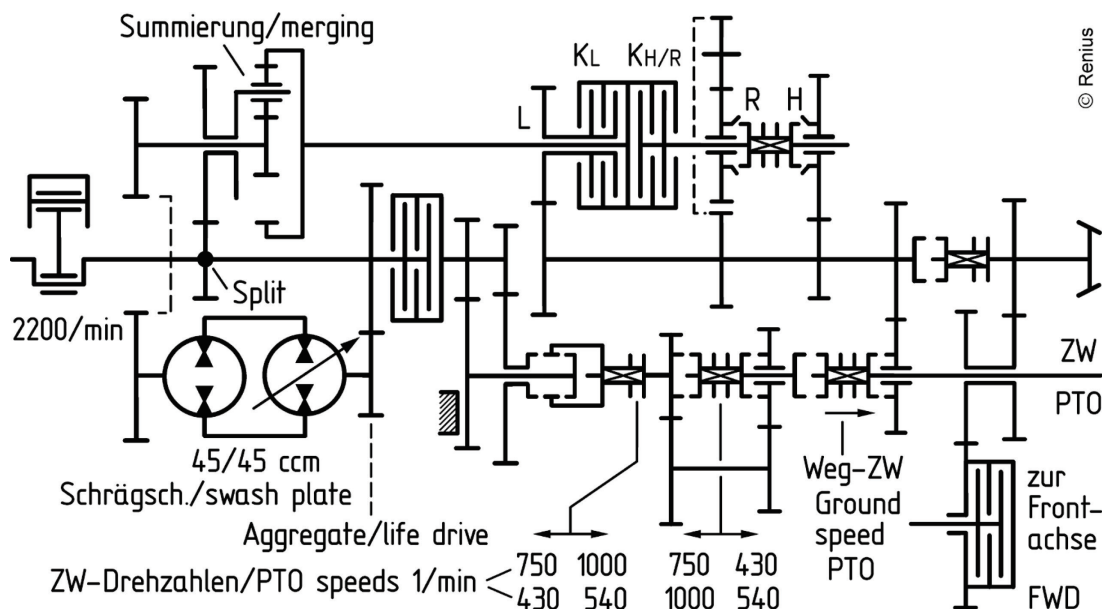


Bild 3: Neues leistungsverzweigtes CVT ZF TerraMatic 09 im LINDNER "Lintrac 90" (74 kW, 2014)

Fig. 3: New power split CVT ZF TerraMatic 09, applied to LINDNER "Lintrac 90" (74 kW, 2014)

Stufenlose, hydrostatisch-leistungsverzweigte Traktor-Fahrertriebe haben sich seit 1996 (Fendt Vario) durchgesetzt. ZF ergänzt als Zulieferer seine Baureihe mit dem neuen, kleinen Getriebe TerraMatic 09 und 11 [26] (37-74 kW) mit zwei Vorwärtsfahrbereichen L und H und einem Rückwärtsfahrbereich R. Umschaltungen unter Last sind möglich bei L-H sowie L-R (Doppelkupplungsprinzip), bei L-H nicht im Synchronpunkt. Der Baukasten ist sehr flexibel. Eine erste Anwendung erfolgt im Lintrac 90 der Fa. LINDNER, **Bild 3**, Serie geplant 2014. Während das Fahrgetriebe gegenüber dem bekannten ZF Eccom deutlich einfacher ausfällt, ist die Zapfwellenteknik den Anforderungen der Alpenregion entsprechend aufwändig. Als besonderes Merkmal kann dabei die Möglichkeit gelten, die Zapfwelle stationär stufenlos zu betreiben, sogar mit Drehrichtungsumkehr (Schaltstellung "Weg-Zapfwelle", Abschaltung Endantrieb).

Die Traktorfirmer entwickeln weiterhin auch eigene Konzepte. Das neue CVT von CNH arbeitet mit eingangs angeordnetem Reversiergetriebe, primär gekoppelter Leistungsverzweigung und nachgeordneten 4 Fahrbereichen, **Bild 4**. Es ist sowohl für die obere Reihe T 8000 von CNH als auch für die Baureihe Magnum von Case IH vorgesehen. Die relativ neue hydrostatische Kompakteinheit von Bosch Rexroth soll dank der 40°-Schrägachsen-einheit im Bestpunkt Wirkungsgrade bis 85 % erreichen (Kombinationen Schrägscheibe-Schrägscheibe liegen erfahrungsgemäß eher bei 78 bis 82 %). Zusätzlich wird die Regelung im Bereich kleiner Drehzahlen der Schrägachsenmaschine erleichtert, da die hier sonst störende erhebliche Kolbenreibung (Querkkräfte, Mischreibung) wegfällt.

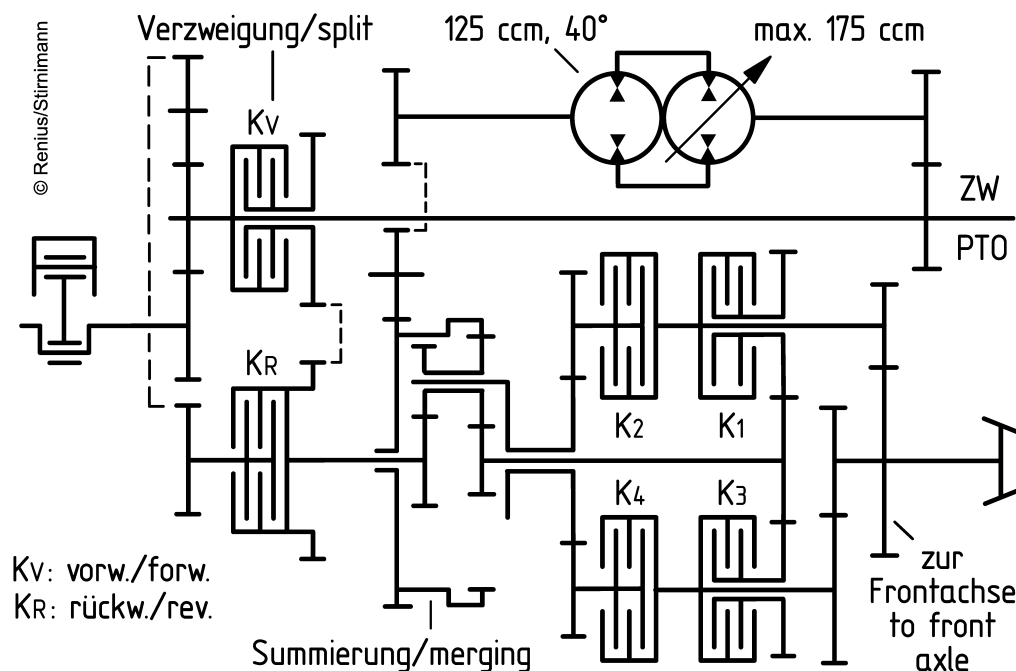


Bild 4: Neues leistungsverzweigtes stufenloses Getriebe von CNH für den oberen Leistungsbereich. Serienanlauf 2013.

Fig. 4: New power split CVT from CNH designed for the upper power level. Series production 2013.

Überraschend wurde von Claas auf der Agritechnica 2013 das stufenlose Getriebe CMatic vorgestellt, **Bild 5**, das die Claas Industrietechnik CIT entwickelt hat (im Frühstadium unterstützt durch MALI und Büro Dziuba). Es ähnelt dem Konzept SHL von Voith [27] (Projekt Hydrobus, um 1990), arbeitet jedoch mit den inzwischen verfügbaren, verstellbaren 45°-Großwinkelmaschinen (statt damals max. 25°), womit das Umschaltventil im Hauptkreis sowie ein 3. Fahrbereich entfallen konnten. Ferner erhielt es eine moderne elektronische Steuerung. Im ersten Fahrbereich (und rückwärts) wird der hydrostatische Zweig (ähnlich wie beim Fendt Vario) am Hohlrad des Vierwellen-Stufenplanetengetriebes abgenommen, im zweiten am linken Sonnenrad, wobei dann der Hydromotor H2 (mit Ausschwenken zur anderen Seite) zur Pumpe wird und H1 die hydrostatische Leistung am Hohlrad zuaddiert. Der erste Bereich arbeitet sekundär gekoppelt, der zweite im „Compound“-Betrieb (vier Wellen aktiv), Umschaltung unter Last im Synchronpunkt bei ca. 20 km/h.

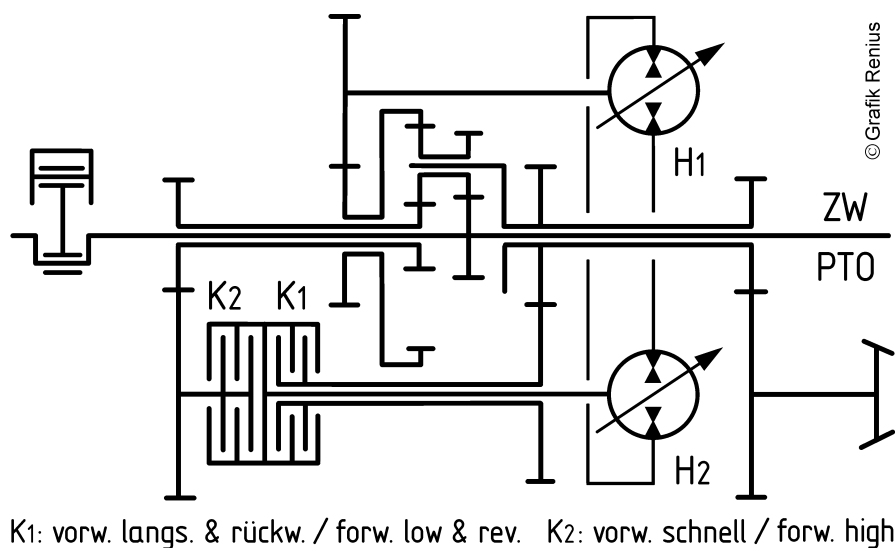


Bild 5: Neues leistungsverzweigtes stufenloses Getriebe von Claas (CIT) für Baureihe Arion (2014)
Fig. 5: New power split CVT from Claas (CIT) for the models Arion (2014).

Inzwischen hat man die Vorteile leistungsverzweigter CVTs auch für andere Fahrzeuge, wie z. B. für Baumaschinen - insbesondere Radlader - erkannt. Mehrere Konzepte waren auf der BAUMA 2013 zu sehen. Interessant ist auch die Ausrüstung des landwirtschaftlichen Transporters Aebi VT450 Vario (72 kW) mit einem stufenlosen Getriebe Ende 2012, das bis 7,3 km/h rein hydrostatisch arbeitet, darüber leistungsverzweigt in 2 Fahrbereichen [28]. Die kompakte Hydrostateinheit stammt von Bosch Rexroth, das Gesamtgetriebe wurde in Kooperation mit der VDS Getriebe GmbH entwickelt.

In [29] wird zudem über den Einsatz eines hydraulisch-leistungsverzweigten Getriebes in einem Bus berichtet.

Stufenlose elektrische und hybride Systeme

In einer Übersicht aus Österreich [30] werden Hybridsysteme für die Landtechnik systematisch diskutiert - die Vielfalt der Aktivitäten auf diesem Gebiet bleibt beeindruckend.

Ein neues Gesamtmodell für einen Traktor mit elektrischem Parallelhybrid auf Basis John Deere 7530 E ergab für den DLG PowerMix sehr geringe Kraftstoffeinsparungen, wesentlich größere jedoch für Transporte und Hofarbeiten [31; 32]. Faustwerte für Spalt-DrehSchübe liegen bei modernen elektrischen PSM-Motoren nach [33] um 32 kPa, bei den einfacheren ASM-Motoren etwa halb so hoch. Angesichts dieser mäßigen Kraftdichte ist die Ausnutzung ihres meist hohen Drehzahlpotenzials wichtig - [33] enthält dazu interessante Grundlagen. Elektrische Antriebe sind bei langen Leitungen hydrostatischen Übertragungen meistens energetisch überlegen, wie z. B. bei herkömmlichen Mähdrescher-Fahrerantrieben [34] oder üblichen Traktor-Geräte-Dauerantrieben [35; 36; 37]. In [38; 39] werden dazu typische Messergebnisse vorgelegt.

Fendt stellte auf der Agritechnica 2013 mit der Studie "Fendt X-Concept" einen elektrifizierten Versuchstraktor auf Basis eines 700ers vor, der nach wie vor mit dem hydrostatisch-leistungsverzweigten Vario-Fahrtrieb arbeitet, jedoch zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe zusätzlich einen elektrischen Generator hat (bis ca. 90 % Motorleistung). Dieser kann Geräte und Hilfsaggregate mit elektrischer Energie versorgen [40].

Nicht für Traktoren, jedoch für einen Teleskoplader stellte die Firma Merlo 2013 auf der Agritechnica den in der Landtechnik ersten elektro-hybriden Fahrtrieb vor [41]. Der mit konstanter Drehzahl laufende Dieselmotor treibt über einen Generator den elektrischen Fahrtrieb an und lädt parallel eine 30 kWh-Lithium-Batterie auf. Er kann auch rein elektrisch arbeiten. Beim Diesel-elektrischem Einsatz sind erhebliche elektrische Zusatzleistungen (aus der Batterie) möglich. So konnte der Dieselmotor bei gleicher Arbeitsleistung wesentlich kleiner ausgelegt werden. Er kommt im vorliegenden Fall mit 55 kW aus und fällt damit gerade nicht mehr unter die strengen Abgasvorschriften der Stufe IV (2014).

Elektrische Radantriebe können die sehr große Geschwindigkeitsspreizung von Traktoren (für Vollast 4 bis 40/50/60 km/h, d. h. bis zu 1:15) nach [42] ohne schaltbare Zusatzstufen nicht abdecken. Nach [43] wurde ab drei schaltbaren Zusatzstufen für 0 bis 50 km/h ein gut geglätteter Vollast-Wirkungsgradverlauf prognostiziert. Diese Aussage wird durch die Entwicklung eines elektrischen Radantriebs von STW (Sensor Technik Wiedemann) gestützt, der mit radnaher Dreifachlastschaltung arbeitet [44]. Auch damit ist aber noch nicht gesagt, ob der Gesamtwirkungsgrad des Antriebsstrangs mit hydrostatisch-leistungsverzweigten Konzepten mithalten kann.

Diese Einschätzung würde sich mit Brennstoffzellen grundlegend ändern, wobei das Wasserstoff-Speicherproblem z. B. durch Trägerflüssigkeiten [45] oder umgeformte flüssige Kraftstoffe gemildert werden könnte.

Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen

Im Bereich der Simulation etablieren sich zunehmend Gesamtmaschinenmodelle und Simulationen elektrischer Systeme. So wird in [31] ein Modell zur Verbrauchs- und Emissionsberechnung eines elektrifizierten, parallel-hybriden Traktors vorgestellt und in [46] das Co-Simulationsmodell einer Landmaschine zur Auslegung und Optimierung der Maschinensteuerung.

Aus dem Forschungsprojekt TEAM (BMBF) wird in [47] über Untersuchungen der Leistungsflüsse an einem messtechnisch ausgerüsteten Fendt 724 Vario berichtet. Als wirtschaftliche Bedingung für die Wettbewerbsfähigkeit elektrischer Komponenten werden für 1 kW E-Motor plus Umrichter Zielkosten von 30 € genannt. Ferner wird in dem Projekt eine Methodik zur systematischen Effizienzbeurteilung erarbeitet.

Zur Größentheorie der Komponenten einfacher hydrostatischer Wandler (ohne Leistungsverzweigung) erschien mit [48] ein systematischer Ansatz.

Um bei schneller Straßenfahrt die Fahrwerksverluste zu reduzieren, hat der neue Claas Xerion 5000 in den Achsen Ölpumpen, die einerseits den Ölstand absenken können - andererseits 500 kW Bremsleistung je Achse thermisch beherrschen [49].

Zusammenfassung

Auf der Agrartechnica 2013 gab es wiederum zahlreiche Neuheiten. Bei Traktordieselmotoren entwickelt sich die SCR-Technik zur Erfüllung der Stufe IV ab 56 kW zum Stand der Technik (ab Stufe IV Vorschriftensprung bei 56 kW ab 2014). Zusätzliche Partikelfilter werden nicht allgemein vorgesehen, können aber den Freiraum für günstige Verbräuche erweitern. Deutz-Fahr kündigte auf der Agrartechnica 2013 die Einführung einer lastschaltbaren Zapfwelle an. Mehrere Firmen bieten integrierte Luftdruckverstellungen an, bei Fendt in der 2. Generation. ZF verbesserte seine Stufengetriebe und stellte ein neues, kleines CVT (bis 74 kW) vor. CNH führte ein neues CVT im oberen Leistungsbereich ein und Claas überraschte mit einem eigenen, einfach aufgebauten CVT für die Baureihe Arion. Auch ein hybrider Fahrtrieb für einen Teleskoplader erregte Aufsehen - der erste für ein landtechnisches Fahrzeug. Rein elektrische oder hybride Fahrtriebe blieben ansonsten bei Traktoren unbedeutend. Hingegen wird einer weiteren Verlustminimierung im gesamten Antriebsstrang trotz der sehr erschwerenden Emissionsverschärfungen große Beachtung geschenkt.

Literatur

- [1] Howard, C.N.: Testing the Fuel Efficiency of Tractors with Continuously Variable and Standard Gear Transmissions. Transactions ASABE 56 (2013) H. 3, S. 869-879.
- [2] Reckleben, Y. und H. Thomsen: Getriebevergleich bei Traktoren im Straßentransport. Landtechnik 68 (2013) H. 2, S. 126-129.
- [3] Muñoz-García, M. A. et al.: New classification of tractors according to their energy efficiency. AgEng-CIGR Internat. Conf. of Agric. Engineering Valencia 8.-12.07.2012.
- [4] Bernhardt, H. et al.: Energy consumption of agricultural transports and influencing factors. AgEng-CIGR Internat. Conf. of Agric. Engineering Valencia 8.-12.07.2012.
- [5] Beulshausen, J. et al.: Energieeffizienter Antriebsstrang durch Reibungsminimierung. ATZ 115 (2013) H. 10, S. 828-834.
- [6] Reckleben, I, S. Trefflich und H. Thomsen: Auswirkung der Abgasnormen auf den Kraftstoffverbrauch von Traktoren im praktischen Einsatz. Landtechnik 68 (2013) H. 5, S. 322-326.
- [7] Schlotterbeck, M. et. al: Tractor Field Experience with Diesel Particulate Filter to meet Interim Tier 4/Stage 3b Emission Regulation. Tagung Land.technik 2012, Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 87-93. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [8] Landis, M.: Dynamischer Messzyklus für Emissionsmessungen an Traktoren. Tagung Land.technik 2012, Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 81-86. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [9] DEVERT - Deutz Variable Emission-Reduction-Technologie, Informationsbroschüre der Fa. Deutz, Bestell-Nr. 0031 2071 / 02 / 2013 / VC-CM.
- [10] Clearly Better. Every Engine. Tier 4 Final / Stage IV, Broschüre der Firma. Cummins, Nr. 4087299, Rev. 11/13.
- [11] Clearly Better. Every Time. QSB6.7 and QSL9 Engines (140-400 hp) For Tier 4 Final/Stage IV, Broschüre der Fa. Cummins, Nr. 4087243, Rev. 4/12.
- [12] John Deere weist den Weg zum schadstoffarmen Motor nach Stufe IV / FT4, Pressemitteilung der Fa. John Deere vom 2. März 2012, Waterloo, Iowa, http://www.deere.de/wps/dcom/de_DE/our_company/news_and_media/press_releases/2012/agriculture/20120212_ft4.page, Stand 01.01.2014.
- [13] Ylivakeri, M.: A higher power. iVT Int. Off-Highway 2013. Jahrg. 21 (2012), S. 10-12.
- [14] Wilmer, H.: 170 PS aus 4 Zylindern. Profi 25 (2013) H. 4, S.12-17
- [15] Gietzelt, C., O. Dregrell und K. Mathies: Mobile "in-use" Emissionsmessung mit PMS-Messtechnik an mobilen Maschinen (non road). Tagung Land.technik 2012, Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 95-101. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [16] Berlenz, S. et al.: Verbrauchsreduzierung durch Drehzahlentkopplung von Nebenaggregaten an mobilen Arbeitsmaschinen. 4. Fachtagg. Hybridantriebe f. mobile Arbeitsmaschinen 20.02.2013 Karlsruhe. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Bd.7 (2013) H. 15, S. 37-48.

- [17] Berlenz, S., Wagner, U. und Otto, F.: Potentialanalysen entkoppelter und bedarfsgerecht angetriebener Nebenaggregate von Motoren mobiler Arbeitsmaschinen, 8. Internationale MTZ-Fachtagung, Ludwigsburg, 5. Und 6. November 2013.
- [18] Peter, K.: Kraftstoffeinsparung bei Landmaschinen durch den Einsatz von geschalteten Nebenaggregaten. Tagung Land.technik 2012 Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 75-80. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [19] Pichlmaier, B.: Traktionsmanagement für Traktoren. Diss. TU München 2012. Fortschritt-Ber. VDI, Reihe 14, Nr. 143. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [20] Töpfer, T. et al.: Potenziale und Grenzen thermischer Energierekuperation in mobilen Arbeitsmaschinen. 4. Fachtagg. Hybridantriebe f. mobile Arbeitsmaschinen 20.02.2013 Karlsruhe. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Bd.7 (2013) H. 15, S. 49-60.
- [21] Oberbuchner T., T. Capellaro und K. Grad: Multi-Clutch Control zum Anfahren und Reversieren von Traktoren mit Lastschaltgetrieben (4-fach Splitter). Tagung Land.technik 2012, Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S.307-312. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [22] Renius, K.Th.: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: H.J. Matthies und F. Meier (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 7 (1995) S. 56-61 und 271-271. Münster: Landwirtschaftsverlag.
- [23] Johnson, D.: New transmissions for the John Deere 7R and 8R series tractors. Tagung Land.technik 2013 Hannover 8. und 9.11.2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 117-121. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [24] Renius, K.Th.: Neuere Getriebekonzeptionen für landwirtschaftliche Schlepper. Grundl. Landtechnik 24 (1974) H. 2, S. 41-46.
- [25] Hellenbroich, G., J. Ruschhaupt und C. Duindam: Kompakte Sieben- und Zehngang-Doppelkupplungsgetriebe. ATZ 114 (2012) H. 12, S. 960-967.
- [26] Grad, K., G. Bailly und M. Haas: Stufenloses Getriebekonzept für Klein- und Schmalspurtraktoren. ATZoffhighway Bd. 6 (2013) Heft 3, S. 28-37.
- [27] Wüst, B.: Stufenlose Getriebe für Stadtbusse. In: VDI-Berichte 977, S. 507-525. Düsseldorf: VDI-Verlag 1992.
- [28] Stirnimann, R.: Leistungsverzweigung beim Aebi VT 450 Vario. Schweizer Landtechnik 75 (2013) H. 2, S. 21-23.
- [29] Ramadan, M. und K. Stelson.: Optimized Single-Stage Power-Split Hydraulic Hybrid City Bus, ASME/ Bath Symposium on Fluid Power and Motion Control, 6.-9. Oktober 2013, Sarasota, Florida.
- [30] Karner, J. et al.: Hybridsysteme für die Landtechnik. Landtechnik 68 (2013) H. 1, S. 22-25 (darin 20 weitere Lit.).
- [31] Engelsmann, D. und G. Wachtmeister: Untersuchungen von Betriebsstrategien für einen elektrisch hybridisierten Traktor mittels einer multiphysikalischen Gesamtfahrzeugsimulation. 4. Fachtagg. Hybridantriebe f. mobile Arbeitsmaschinen 20.02.2013 Karlsruhe. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Bd.7 (2013) H. 15, S. 1-11.

- [32] Tröster, V., P. Münch und B. Böhm: LIB-Off Hybrid Tractor. Tagung Land.technik 2013 Hannover 8. und 9.11.2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 15-21. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [33] Zhitkova, S. et al.: Hochdrehzahlmotoren für mobile Arbeitsmaschinen. 4. Fachtagung Hybridantriebe f. mobile Arbeitsmaschinen 20.02.2013 Karlsruhe. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Bd.7 (2013) H. 15, S. 113-123.
- [34] Bernhard, B.: Untersuchungen zur Bewertung stufenloser Fahrtriebe für Mähdrescher. Diss. Univ. Hohenheim 2011. Aachen: Shaker-Verlag 2011.
- [35] Sobotzig, J. und B. Shi: Elektrische Antriebe für Traktoren und Anbaugeräte - Ansätze und Möglichkeiten. Tagung Land.technik 2012, Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 37-44. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [36] Weinmann, O. et al.: Elektrifizierung eines Traktors mit Anbaugerät. Tagung Land.technik 2012, Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 45-50. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.
- [37] Iuchi, K. et al.: Betrachtung der Hybridisierung und Elektrifizierung mobiler Arbeitsmaschinen. 4. Fachtagung Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen 20.02.2013 Karlsruhe. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Bd.7 (2013) H. 15, S. 85-97.
- [38] Heckmann, M. und Berendt, H.: Comparative analysis of hydrostatic and electric rear axle traction drives, including in-field-tests, Tagung LAND.TECHNIK AgEng 2013 Hannover 08./09.11.2013. In: VDI-Berichte 2193, S. 137-142. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [39] Niemöller, B. und Thiel, M.: Potato harvester with an add on generator and an electric wheel drive - System design, field test, validation, Tagung LAND.TECHNIK AgEng 2013 Hannover 08./09.11.2013. In: VDI-Berichte 2193, S. 151-156. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [40] Breu, W., B. Pichlmaier und A. Szajek: Electrification of tractors - challenges and strategies. Tagung Land.technik 2013 Hannover 8. und 9.11.2013. In: VDI-Ber. 2193, S. 9-14. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.
- [41] Knechtges, H.: Trends bei Traktoren und Transportfahrzeugen auf der Agritechnica. Landtechnik 68 (2013) H. 6, S. 381-383.
- [42] Renius, K.Th. und M. Geimer: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, L. (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Inst. f. mobile Maschinen u. Nutzfahrz. 2012. S. 1-12. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043441>.
- [43] Klimentew, L., J. Krüger und H. Meyer: Einflussfaktoren des Getriebes auf die Effizienz elektrischer Traktionsantriebe. Landtechnik 68 (2013) H. 2, S. 130-134.
- [44] -.-: Zukunftsweisende Antriebslösung. Mobile Maschinen 6 (2013) H.2, S.70.
- [45] Zenner, M. et al.: Flüssige Wasserstoffträger als potenzieller Pkw-Kraftstoff. ATZ 114 (2012) H. 12, S. 940-947.
- [46] Martinelle, M., Gessi, S. und Tonini, E.: Co-Simulation for the Development of Whole-Machine Integrated Distributed Electronic Control, Tagung LAND.TECHNIK AgEng 2013 Hannover 08./09.11.2013. In: VDI-Berichte 2193, S. 123-128. Düsseldorf: VDI-Verlag 2013.

- [47] Pichlmaier, B., T. Buchner und K. Hafner: Leistungsflussmessungen am Traktor als Grundlage der Konzeption hybrider Antriebe. 4. Fachtagung. Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen 20.02.2013 Karlsruhe. KIT Schriftenreihe Fahrzeugsystemtechnik Bd.15 (2013), S. 25-35.
- [48] Paoluzzi, R. und L.G. Zarotti: The minimum size of hydrostatic transmissions for locomotion. J. of Terramechanics 50 (2013) H. 3, S. 153-164.
- [49] Tilly, T., M. Gersmann und M. András: Entwicklung eines innovativen Fahrwerkskonzeptes für moderne Großtraktoren. Tagung Land.technik 2012 Karlsruhe 6. und 7.11.2012. In: VDI-Ber. 2173, S. 17-22. Düsseldorf: VDI-Verlag 2012.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review 24.01.2014

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Renius, Karl T.; Geimer, Marcus: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2013. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014. S. 1-12

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055007>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/134.html>